

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА МИКРОСТРУКТУРУ И ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА AL-14%CU-7%CE

Журавлева М.А.

Руководитель – с.н.с., к.т.н. Могучева А.А.

НИУ «БелГУ», г. Белгород

mariaciti@yandex.ru

В качестве материала исследования выбран алюминиевый сплав Al-14%Cu-7%Ce. В состоянии поставки сплав имел неоднородную структуру, которая состояла из крупных зерен 90 мкм в продольном и 25 мкм в поперечном направлениях и небольшой долей более мелких равноосных зерен размером 20 мкм (рисунок 1а). В литом состоянии в равновесии с алюминиевой матрицей, почти чистый алюминий Al с небольшим содержанием Cu ($\leq 4\%$), находится эвтектическая фаза Al_8CeCu_4 . Так же присутствуют области без выделения эвтектики. Размер эвтектических пластин составляет более 10 мкм в длину, средняя толщина пластин около 0,4 мкм (рисунок 1б).

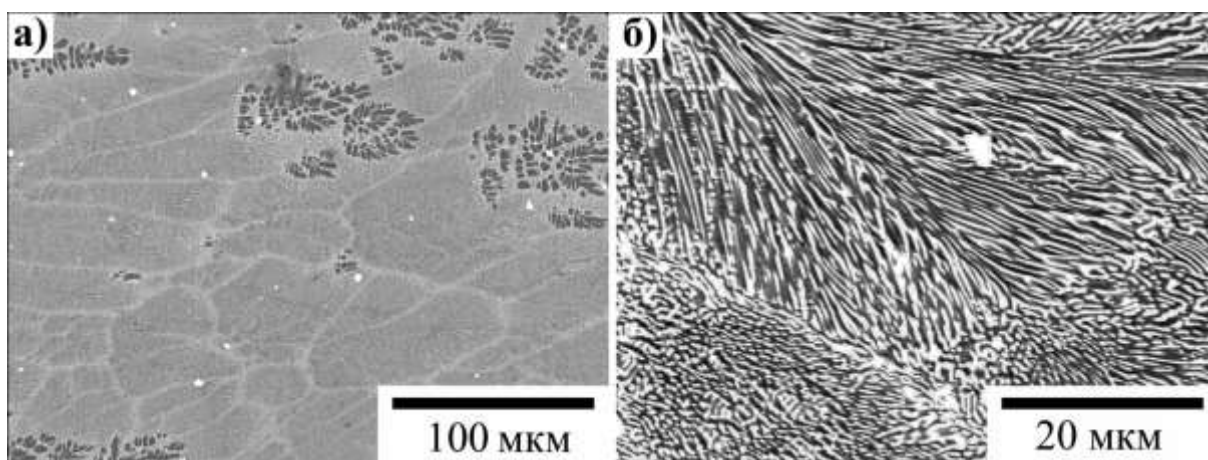


Рисунок 1- Микроструктура сплава Al-14%Cu-7%Ce в литом состоянии

Руководствуясь работой [1] для повышения технологических характеристик проводили отжиг в интервале температур 500-600°C с шагом 10°C с выдержкой 3 часа. После отжига при температуре 500°C в течение 3 часов пластины частично фрагментируются, увеличиваются по толщине и уменьшаются в длину по сравнению с литым состоянием; их размер составляет 3,3 мкм в длину и 0,7 мкм в толщину. После отжига при температуре 540°C размер частиц Al_8CeCu_4 не превышает 2 мкм. С увеличением температуры отжига наблюдается тенденция к фрагментации и сферодизации частиц. Отжиг при температуре 580°C с выдержкой 3 часа

приводит к полной фрагментации частиц тройного соединения Al_8CeCu_4 , их размер составляет около 1,1 мкм. Увеличение температуры отжига до 600°C и выдержка при этой температуре в течение 3 часов приводит к более равномерному распределению частиц и их полной сферодизации. Таким образом, анализируя поведение частиц тройной эвтектики Al_8CeCu_4 , можно сделать вывод, что это термически стабильные частицы (таблица 1). Так же вовремя отжига при температурах выше 540°C начинается выравнивание зеренной структуры за счет собирательной рекристаллизации. При достижении температуры 600°C зерна становятся более равноосными и однородными по размеру (80 мкм).

Таблица 1- Параметры структурных элементов сплава Al-14%Cu-7%Ce

Состояние	Размер частиц эвтектики, мкм	Содержание элементов в матрице	
	Вдоль/Поперек	Cu, %	Ce, %
Литое	10±3/0,4±0,1	4,28	1,83
500°C, 3 часа	3,3±0,1/0,7±0,1	3,53	1,56
540°C, 3 часа	2,0±0,1	3,3	0,44
580°C, 3 часа	1,1±0,1	3,4	0,63
590°C, 3 часа	1,0±0,1	3,63	0,49
600°C, 3 часа	1,1±0,1	2,88	0,41

Из таблицы 1 видно, что после температуры 540°C происходят изменения в элементном составе алюминиевой матрицы. Происходит обеднение по Ce, при этом количество Cu в процессе отжига изменяется незначительно. По данным программы Termo-Calc (база TTA17) в литом состоянии содержится около 25% фазы Al_2Cu . С увеличением температуры ее содержание уменьшается: при $T=540^\circ C$ содержание фазы равно 20 %. С повышением температуры до 550°C фаза Al_2Cu полностью растворяется.

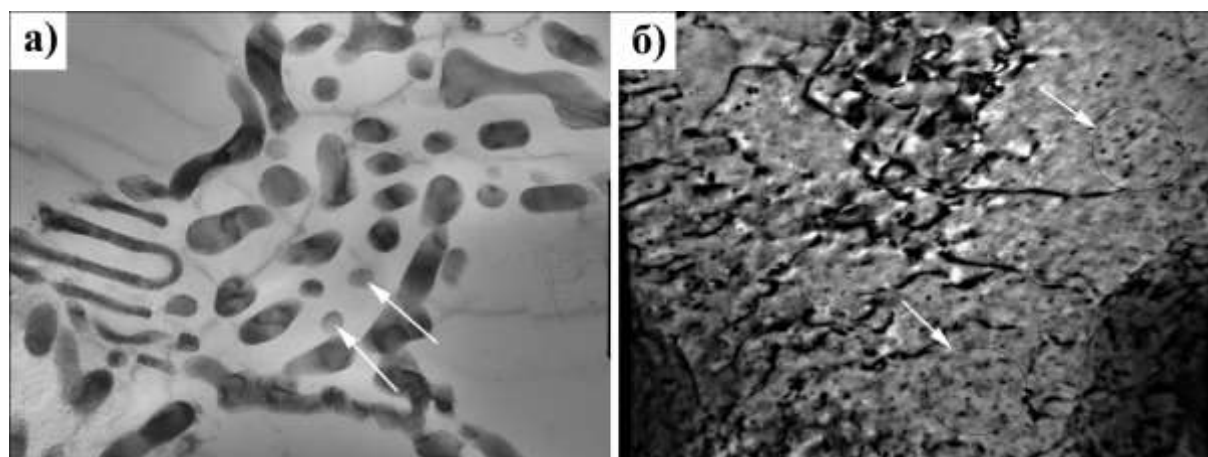


Рисунок 2- Тонкая микроструктура сплава Al-14%Cu-7%Ce
а) литое состояние, б) отжиг $T=540^\circ C$, 3 часа

По данным исследований тонкой микроструктуры с помощью просвечивающей электронной микроскопии было выявлено, что фаза Al_2Cu присутствует в виде первичных частиц размером около 250 нм (рисунок 2а) и в виде вторичных выделений размером до 10 нм. После отжига при температуре 540°C обнаружено большое количество вторичной выделений, которые располагаются в теле зерна (рисунок 2б).

Таблица 2- Механические характеристики сплава Al-14%Cu-7%Ce

Состояние	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %
Литое	125	260	6,2
540С, 3 ч	115	235	12,6
590С, 3ч	84	200	12,1
600С, 3ч	120	205	12,6

На основании микроструктурных исследований были выбраны 3 состояния для проведения механических испытаний при комнатной температуре. Полученные данные сведены в таблицу 2.

Анализируя поведение образцов в процессе испытаний, можно сделать вывод о том, что отжиг приводит к изменению механических свойств по сравнению с литым состоянием: после отжига при температуре 540°C в течение 3 часов уменьшается предел прочности до 235 МПа, при этом пластичность выросла в 2 раза. Дальнейшее повышение температуры отжига приводит к падению прочности, но пластичность не увеличивается.

Выводы:

1. Температура 540°C является оптимальной температурой для проведения предварительного отжига. Свыше температуры 540°C в процессе отжига наблюдается интенсивная коагуляция частиц тройного соединения Al_8CeCu_4 .
2. При увеличении температуры отжига до 540°C начинается выравнивание зеренной структуры. По достижении температуры 600°C зерна становятся более однородными по размеру.
3. Отжиг обеспечивает повышение пластичности по сравнению с литым состоянием в 2 раза.

Работа выполнена на оборудовании ЦКП НИУ «БелГУ» при финансовой поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации, договор № 16.120.11.3258-МК.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Белов Н.А., Хван А.В. Структура и фазовый состав сплавов системы Al-Cu-Ce в области квазибинарного разреза Al- Al_8CeCu_4 . Известия ВУЗов. Цветная металлургия. №1, 2007